

1 范围

本标准规定了汽轮机叶片的湿法磁粉探伤。

本标准适用于检测叶片表面及近表面的裂纹、发纹及其他缺陷。

2 引用标准

下列标准所包含的条文,通过在本标准中引用而构成为本标准的条文。本标准出版时,所示版本均为有效。所有标准都会被修订,使用本标准的各方应探讨使用下列标准最新版本的可能性。

GB/T 9445—1988 无损检测人员技术资格鉴定通则

GB/T 12604.5—1990 无损检测术语 磁粉检测

JB/T 8290—1998 磁粉探伤机

3 定义

本标准所用的术语定义符合 GB/T 12604.5 中的有关规定

4 检测人员要求

4.1 磁粉检测人员应按 GB/T 9445 规定取得技术资格证书。

4.2 磁粉检测应由具有磁粉探伤 I 级以上资格证书者进行磁粉探伤,由具有磁粉探伤 II 级以上资格证书者签发检测报告,以保证探伤结果的可靠性。

5 检测设备

5.1 叶片探伤用磁粉探伤机应符合 JB/T 8290 中的技术要求。推荐采用固定式磁粉探伤机。对被检叶片,按本标准 8.1~8.7 的规定,该机应能产生足够强的磁场。

5.2 磁粉探伤机应安装周向磁化电流和纵向磁化安匝数等指示表,指示误差不得超过示值的 $\pm 5\%$,每年至少校准指示表一次。

5.3 具有何种方式的磁化装置,则应具有相应方式的退磁装置。

5.4 磁粉撒布装置应包括储液箱及喷洒机构,储液箱应安装搅拌器。

5.5 应具有剩磁检查仪。

5.6 应安装照明灯,被检区域的光照度不得低于 $3501x$ 。

5.7 当采用荧光法检测时,在暗室内观察磁痕,暗室内其可见光照度应不大于 $20 1x$,所使用的紫外线灯在工件表面的紫外线强度应不低于 $1 000\mu W/cm^2$,紫外线波长应在 $0.32\sim 0.40\mu m$ 范围内。

6 叶片的表面准备

6.1 被检叶片的表面应干燥、无污物和锈斑等。

6.2 被检叶片表面的表面粗糙度 R_a 最大允许值为 $1.60\mu m$ 。

6.3 如果要对叶片进行表面处理(如电镀、喷涂等),磁粉探伤应在表面处理前进行。

6.4 如果必须在表面处理后进行磁粉探伤,可由供需双方协商解决。但用直接通电法时,须保证通电触点处露出金属本底,确保通电良好。

7 磁粉及其磁悬液

叶片磁粉探伤允许采用荧光磁粉或非荧光磁粉。

7.1 应选择与叶片表面有高反差色泽的非荧光磁粉。

7.2 推荐使用的非荧光磁粉和荧光磁粉粒度为 $45\mu\text{m}$ (320 目)。

7.3 磁悬液浓度要求如下:

7.3.1 新配制的磁悬液中非荧光磁粉的浓度应为 $12\sim 25\text{g/L}$ 。荧光磁粉的浓度为 $0.5\sim 2.0\text{g/L}$ 。一般磁悬液都应具备如下性能:无刺激性气味,对皮肤无刺激性,在工作状态下磁悬液的运动黏度不高于 $10\text{mm}^2/\text{s}$ 。水磁悬液对叶片表面应具有良好的润湿性,对叶片无腐蚀作用,磁粉分散性好。油磁悬液闪点不得低于 60°C 。

7.3.2 在正常情况下,油磁悬液半月测定一次,水磁悬液一周测定一次。当气候炎热干燥时,要适当增加对水磁悬液的测定次数,在 100mL 磁悬液抽样中,荧光磁粉的推荐沉淀容积值为 $0.1\sim 0.5\text{mL}$,非荧光磁粉的沉淀容积值为 $1.2\sim 2.4\text{mL}$ 。

7.3.3 磁悬液浓度一般采用梨形离心沉淀管测量沉淀容积值的方法来测定,对荧光磁悬液,使用管茎 1mL 的试管(刻度 0.05mL),对非荧光磁悬液,使用管茎为 1.5mL 的试管(刻度 0.1mL),抽样前磁悬液在循环系统中至少要流动 30min ,以保证可能沉淀在液槽中筛网,侧壁和槽底的磁粉完全混合。从软管中或喷嘴取 100mL 磁悬液,并使其沉淀 30min ,沉淀在管底的容积值就是槽液中磁粉的浓度。

7.3.4 如果磁悬液浓度太低或太高,可加入适当的磁粉或载液,使其达到所要求的浓度。

7.3.5 如果沉淀的磁粉出现松散的团聚现象,而不是密实的磁粉层,则应作第二次取样测定,如果仍然如此,说明磁粉可能已被磁化,应更换磁悬液。

7.4 推荐如下配方方法:

7.4.1 水磁悬液:水磁悬液是在水中加入磁粉、表面润湿剂、防锈剂、消泡剂直接配制而成,见表 1。

表 1 水磁悬液的配方

g/L

OP-10	亚硝酸钠	三乙醇胺	消泡剂	非荧光磁粉(荧光磁粉)
10	7	5	1~2	12~25(0.5~2.0)

水磁悬液配制方法如下:

按表 1 规定的成分比例,先将 OP-10 用少许水调释,重复几次,直至 OP-10 完全溶解。再放入亚硝酸钠、三乙醇胺和消泡剂。每放入一种成分要充分搅拌,构成载液。用少量载液将干磁粉调释成糊状,再将配好的载液倒入,加水充分搅拌后即可使用。

7.4.2 油磁悬液

油磁悬液是将磁粉直接加入油载液中配制而成,下面是常用的油磁悬液的配方及配制方法;先用少量无味煤油将干磁粉调释成糊状,再将其稀释至 7.3.1 所规定的浓度。

7.5 磁粉检测系统的所有性能(即磁粉材料,检测设备,操作程序和方法,磁场强度等综合性能)应定期进行校验,以保证检测系统维持正常性能。

8 磁化方法及其规范

叶片的磁粉探伤采用连续法。每一叶片都应在其周向/横向及纵向两个方向进行磁粉探伤。其方法:可

在本标准 8.1~8.5 中选用。

8.1 直接通电法(周向磁化)及其规范如下:

8.1.1 用电极将叶片两端面夹紧,保证触点接触良好,如图 1。电流较大时,在电触点处加铅垫或铜垫,以免烧伤叶片。

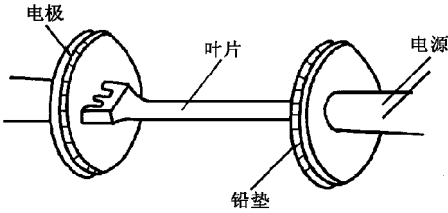


图 1 直接通电法周向磁化

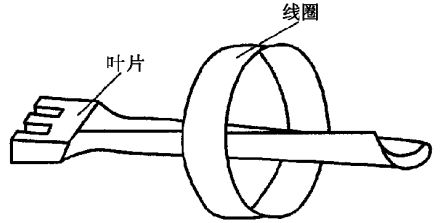


图 2 线圈法纵向磁化

8.1.2 施加交流磁化电流强度的大小用下式计算

$$I = 15 \sim 17D \dots\dots\dots (1)$$

式中: I ——交流磁化电流强度的有效值, A;

D ——叶片的等效直径, mm, D 等于叶片最大横截面上的周长 C_{max} 除以 π 。

当叶片带有铆钉头时,磁化电流取本规范的上限。

8.2 线圈法(纵向磁化)及其规范如下:

8.2.1 将叶片平行于线圈轴线置于线圈中,如图 2。

8.2.2 在低填充系数中,(即叶片横截面积和线圈横截面积之比小于 10%)

用下列公式计算磁化电流

a) 偏心放置时

$$I = \frac{45\,000}{N(L/D)}$$

b) 中心放置时

$$I = \frac{1720R}{N[6(L/D) - 5]}$$

式中: I ——电流值, A; N ——线圈匝数, t ; L ——叶片长度, mm; D ——叶片等效直径, mm; R ——线圈半径, mm。

8.2.3 有效磁场范围为从线圈两端面各延伸约所用线圈半径的长度,如图 3。长叶片应以不超过有效磁场范围作分段检查,其重叠区域应不少于 50mm。

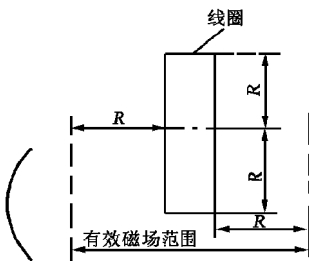


图 3 有效磁场范围示意图

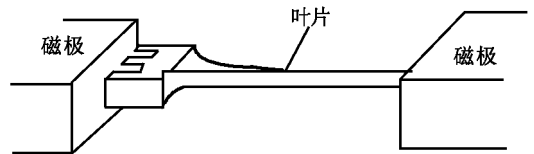


图 4 磁轭法纵向磁化

8.2.4 上述公式不适用 L/D 小于 3 的工件,当 L/D 小于 3 时,若使用线圈法时,可利用磁极加长块或将叶片串接起来以提高 L/D 的有效值,也可以采用灵敏度试片法来确定磁化电流。当 L/D 大于 15 时,该值取为 15。

8.3 磁轭法(纵向磁化)及其规范如下:

8.3.1 两磁极夹住叶片的两端面,如图 4。

8.3.2 用表 2 计算磁化力:

表 2 磁化力

叶片总长度 L mm	磁化力 $NI(\pm 10\%)$ AW
$L < 150$	3 000
$150 \leq L < 500$	20L
$L \geq 500$	$20L - 80\sqrt{L} - 500$

注:表中 NI ——工况下磁极的磁化力。其中 I 为直流电流强度,单位 A。

8.4 对总长度小于 150mm 的叶片,可采用间接通电法。施加的磁化电流应保证被检所有叶片的表面上能清晰地显示出 A-30/100 标准试片人工缺陷的磁痕。

8.5 在保证探伤灵敏度的前提下,允许采用复合磁化法。

8.6 当使用其他各类的磁化电流时,其峰值应等于本标准 8.1~8.3 中规定电流的峰值。

8.7 所有叶片的磁化规范的选择,都可以用灵敏度试片确定。

8.8 不管采用何种方法进行磁粉探伤,都必须用 A-30/100 标准试片检查探伤灵敏度。试片应紧密贴合在叶片最大横截面的表面且磁化过程中磁场弱的部位,如图 5。

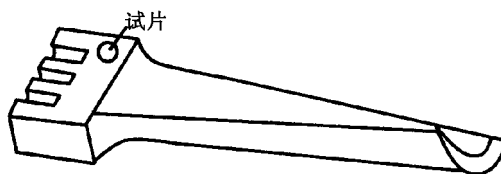


图 5 试片旋转的示意图

9 退磁

叶片经磁粉探伤后,应进行退磁处理。采用每一种方法磁化后,都应随即采用同种方法退磁。退磁后叶片表面的最大磁场强度不得超过 $1\ 000/2\pi\text{A/m}$ (空气中相应的磁感应强度为 $2 \times 10^{-4}\text{T}$)。

10 报告

叶片磁粉探伤的书面报告至少应包括如下内容:

a)叶片的名称、尺寸、材料牌号和热处理状态;b)设备名称、磁化电流种类;c)表面状况;d)磁粉种类(荧光、非荧光)、粒度指标和颜色;e)磁悬液种类;f)磁化方法及其规范;g)试片显示情况;h)探伤结果;i)操作者和签发报告者的姓名;j)探伤日期。